

WEST☐ Generate Collection☐ Print

Li: Entry 3 of 4

File: JPAB

NOV 12, 1996

PUB-NO: JP408297280A
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 08297280 A
TITLE: LIQUID CRYSTAL DISPLAY DEVICE

PUBN-DATE: November 12, 1996

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

COUNTRY

ITOU, YASUTAKA

KIMURA, TADASHI

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

COUNTRY

SHARP CORP

APPL-NO: JP07104432

APPL-DATE: April 27, 1995

INT-CL (IPC): G02 F 1/1335; G02 F 1/1335; G02 F 1/133; G02 F 1/133; G02 F 1/1333;
G02 F 1/1347

ABSTRACT:

PURPOSE: To obtain a bright liquid crystal display device which is thin and light, is low in electric power consumption and is good in utilization efficiency of light.

CONSTITUTION: Incident light is converted to linearly polarized light via a polarizer 40 and the linearly polarized light is made incident on a liquid crystal layer 38. A display voltage is impressed on transparent electrodes 34, 36 by a modulation control means 42 and the double refraction quantity of the liquid crystal layer 38 is controlled by changing the electric field with respect to the liquid crystal layer 38. Only the light of the specific polarization component in the specific wavelength region of the exit light from the liquid crystal layer 38 modulated in the polarization state is selectively reflected in chiral nematic liquid crystals 39. Then, the efficient conversion of the incident linear polarized light to circularly polarized light by the liquid crystal layer 3 having double refractiveness is possible, the half of external light is, therefore, utilized and bright display is obtd. The switching of all reflection or all transmission is made

polarized light. The display of extremely bright contrast is thus obtd.

COPYRIGHT: (C)1996,JPO

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平8-297280

(43)公開日 平成8年(1996)11月12日

(51)Int.Cl. ⁸	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 2 F	1/1335	5 1 0	G 0 2 F	1/1335
		5 2 0		5 1 0
	1/133	5 1 0		5 2 0
		5 4 5		5 1 0
	1/1333			5 4 5
			1/1333	

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 15 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願平7-104432

(22)出願日 平成7年(1995)4月27日

(71)出願人 000005049

シャープ株式会社

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号

(72)発明者 伊藤 康尚

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ

ャープ株式会社内

(72)発明者 木村 直史

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ

ャープ株式会社内

(74)代理人 弁理士 山本 秀策

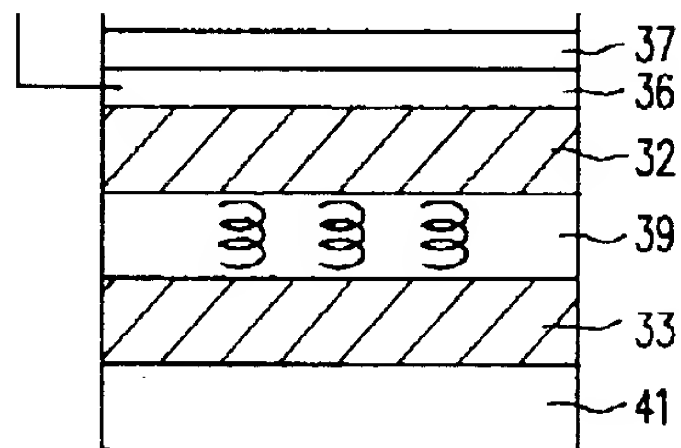
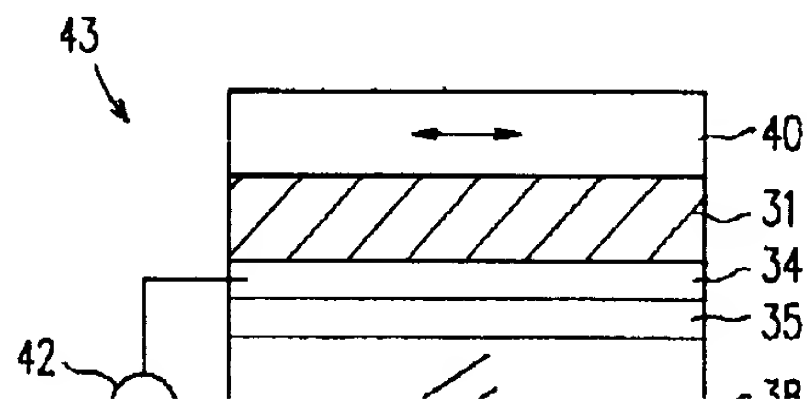
(54)【発明の名称】 液晶表示装置

(57)【要約】

【目的】 薄型軽量、低消費電力で、光の利用効率が良く明るい。

【構成】 偏光子40を介して入射光を直線偏光に変換し、この直線偏光が液晶層38に入射する。変調制御手段42により、透明電極34、36に表示電圧を印加し、液晶層38に対して電場を変化させて液晶層38の

された液晶層38からの出射光は、カイラルネマティック液晶39において、特定波長域で特定偏光成分の光のみが選択的に反射される。したがって、複屈折性を有する液晶層38によって入射直線偏光を効率的に円偏光に変換できるため、外部光の半分が利用でき、明るい表示が得られる。また、例えば左円偏光、右円偏光を入射することですべて反射またはすべて透過を切り替えることができ、非常にコントラストの良い表示が得られる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 入射光を直線偏光に変換する偏光子と、特定波長域で特定偏光成分の光のみ選択的に反射する選択反射層と、

該偏光子と選択反射層との間に設けられ、光学的な複屈折性を示す液晶層と、

該偏光子からの直線偏光が入射される該液晶層の複屈折量を電場で制御することにより該液晶層からの出射光の偏光状態を変調して、該選択反射層からの反射光強度を変調させる変調制御手段とを備えた液晶表示装置。

【請求項2】 第1波長域の光のみ直線偏光に変換する第1カラー偏光子、該第1波長域で特定偏光成分の光のみ選択的に反射する第1選択反射層、および、該第1カラー偏光子と第1選択反射層との間に設けられ、該第1波長域の光において複屈折性を示す第1液晶層を有する第1素子部と、

該第1波長域とは異なる第2波長域の光のみ直線偏光に変換する第2カラー偏光子、該第2波長域で特定偏光成分の光のみ選択的に反射する第2選択反射層、および、該第2カラー偏光子と第2選択反射層との間に設けられ、該第2波長域の光において複屈折性を示す第2液晶層を有する第2素子部と、

該第1波長域および第2波長域とは異なる第3波長域の光のみ直線偏光に変換する第3カラー偏光子、該第3波長域で特定偏光成分の光のみを選択的に反射する第3選択反射層、および、該第3カラー偏光子と第3選択反射層との間に設けられ、該第3波長域の光において複屈折性を示す第3液晶層を有する第3素子部と、

該第1、2、3素子部を透過した少なくとも該第1波長域、第2波長域および第3波長域の光を吸収する光吸収層と、

直線偏光が入射される該第1、2、3液晶層の複屈折量を電場によってそれぞれ制御することにより該第1、2、3液晶層からの出射光の偏光状態をそれぞれ変調して、該第1、2、3選択反射層からの反射光強度をそれぞれ変調させる変調制御手段とを備えた液晶表示装置。

【請求項3】 該第1波長域、第2波長域および第3波長

第1波長域で特定偏光成分の光を選択的に反射する第1選択反射層、第2波長域で特定偏光成分の光を選択的に反射する第2選択反射層、および、第3波長域で特定偏光成分の光を選択的に反射する第3選択反射層を有する選択反射層と、

該選択反射層の裏面側に設けられ、該選択反射層を透過した少なくとも該第1波長域、第2波長域および第3波長域の光を吸収する光吸収層と、

該偏光子と選択反射層との間に設けられ、該第1波長域、第2波長域および第3波長域の光において光学的に複屈折性を示す液晶層と、

該偏光子からの直線偏光が入射される該液晶層の複屈折

量を電場によって制御することにより該液晶層からの出射光の偏光状態を変調して、該選択反射層からの反射光強度をそれぞれ変調させる変調制御手段とを備えた液晶表示装置。

【請求項4】 前記選択反射層として、コレステリック液晶またはカイラルネマティック液晶またはカイラルスメクティック液晶、フィルム化した上記液晶、マイクロカプセル化した上記液晶を用いる請求項1～3のうちいずれかに記載の液晶表示装置。

10 【請求項5】 第1波長域、第2波長域および第3波長域の光を直線偏光に変換する偏光子と、

該第1波長域で特定偏光成分の光を選択的に反射する第1コレステリック液晶またはカイラルネマティック液晶またはカイラルスメクティック液晶、該第2波長域で特定偏光成分の光を選択的に反射する第2コレステリック液晶またはカイラルネマティック液晶またはカイラルスメクティック液晶、および、該第3波長域で特定偏光成分の光を選択的に反射する第3コレステリック液晶またはカイラルネマティック液晶またはカイラルスメクティック液晶をマイクロカプセル化して混合した選択反射層と、

20 該選択反射層の裏面側に設けられ、該選択反射層を透過した少なくとも該第1波長域、第2波長域および第3波長域の光を吸収する光吸収層と、

該偏光子と選択反射層との間に設けられ、該第1波長域、第2波長域および第3波長域の光において光学的に複屈折性を示す液晶層と、

30 該偏光子からの直線偏光が入射される該液晶層の複屈折量を電場によって制御することにより該液晶層からの出射光の偏光状態を変調して、該選択反射層からの反射光強度をそれぞれ変調させる変調制御手段とを備えた液晶表示装置。

【請求項6】 裏面側に設けられ、前記選択反射層を透過した光を吸収する光吸収層を有する請求項1または2、3、5に記載の液晶表示装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

表示などを行う液晶表示装置に関する。

40 【0002】

【従来の技術】従来、この種の液晶表示装置における表示素子は、外部光を変調する非発光素子であるため、低消費電力であり、また、フラットパネルディスプレイに適用できるため、薄型軽量であるという優れた特徴を発揮し、時計、電卓、コンピュータ端末、ワードプロセッサおよびテレビ受信機などに用いられる情報表示装置として、広い分野にわたって利用されている。

50 【0003】一方、現代は高度情報化社会というキーワードに代表されるように、情報の流通量が増大し、各個人における情報の収集や選択に対する要求が増大してい

る。このような社会的背景において、個人用の携帯用情報端末の必要性が広く認識され、その実現が期待されており、積極的に開発が進められている。

【0004】この携帯用情報端末においては、マンマシンインターフェースとしての情報表示装置が重要な役割を担い、この装置のキーデバイスとして位置づけられている。

【0005】また、この携帯用情報端末の表示装置には、大容量の情報が表示でき、軽量薄型で、視認性に優れ、低消費電力という特性が要求されるが、液晶表示素子は、このような特性を満足する表示素子として期待され、その開発が積極的に進められている。

【0006】ところで、液晶を携帯用情報端末の表示素子として用いる場合、表示情報量の点からもカラー表示が行えることが望ましい。液晶を用いてカラー表示を行う場合、液晶セル内に、表示画素毎に赤、緑、青のカラーフィルタを形成したマイクロカラーフィルタ方式が用いられており、後述する各種方式によって各色の光強度を変調することで、複数画素で加法混色法によりカラー表示が行われている。現在、実用化されているカラー液晶表示方式では、ほとんどがこの方式を用いている。

【0007】このカラーフィルタの代わりにカラー偏光子を用いることによってカラー表示を行う方式（特開昭58-17420号公報および特開昭58-17421号公報）も提案されている。この方式では、カラー偏光子を画素毎にパターン化することによって、カラー表示を可能としている。

【0008】前述のカラー化方式に、光強度を変調する種々の表示方式を組み合わせることで実際のカラー液晶表示素子を実現することができる。

【0009】この光強度を変調する代表的な方式として、TN (Twisted Nematic) 方式があげられる。この方式は、2枚の基板間に液晶を配し、一方の基板から他方の基板まで液晶分子の配向を90度ねじった構成の液晶セルを用いる。このように、液晶分子を配向させた場合、光学的には旋光性を示し、電極間の印加電圧により液晶分子の配向を変化させると旋光性が解消される。こ

ができて表示が行える。

【0010】このTN方式は、低電圧、低消費電力であり、コントラストがよく、階調表示が可能であるため、各種動作モードのうちでも最も広く液晶ディスプレイに用いられている。

【0011】上記TN方式は前述したように数多くの優れた特徴を有しているが、閾特性が急峻でないために、それだけでは大容量の表示に適さない。そこで、大容量表示を行う場合には薄膜トランジスタ（以下TFTという）などの能動素子と組み合わせて用いるのが一般的である。

【0012】これに対して、液晶分子の捻れ角を90度

よりも大きくした、いわゆるSTN (Super Twisted Nematic) 方式が提案されている。この方式は、光学的な旋光性と複屈折効果を用いるもので、閾特性が急峻なため、マルチプレックス駆動に適し、TFTのような能動素子を使用しなくとも大容量表示を行うことができる。しかし、この表示方式では、旋光性と複屈折効果を利用しているために、当初は白黒の表示が行えなかった。その後、光学的に位相補償を行うことにより無彩色化が達成され、現在はワードプロセッサや携帯型のコンピュータの表示装置として多く利用されている。

【0013】その他に、液晶中に二色性の色素を混入し、液晶分子の配向を変化させることにより、色素分子を配向させ、その吸収異方性を利用して表示を行うゲスト・ホスト (GH) 方式がある。このゲスト・ホスト方式には、偏光板を使用するハイルマイヤー型や、偏光板を使用しない相転移型などがある。

【0014】このゲスト・ホスト方式は、何れの方式も視野角が広いという特徴を有している。また、相転移型は偏光板を用いなくても表示が行えるため、明るいディスプレイが実現できる。

【0015】さらに、ポリマーマトリクス中に液晶を分散させ、ポリマーと液晶の屈折率の不一致による散乱効果を利用した表示方式も提案されている。この方式も、偏光板を用いなくても表示が行えるため、明るいディスプレイが実現できることや、視野角が広いという特徴を有している。

【0016】さらに、強誘電性液晶 (FLC) を用い、その複屈折効果を利用した方式も提案されている。この方式は応答速度が非常に速く、またメモリ性をも有するという特徴を持っている。

【0017】上記した各方式は、何れも色分離手段と光強度変調手段を組み合わせたものであるが、その他にも、液晶を用いたカラー表示方式が提案されている。

【0018】白黒表示装置の前面に透過光の波長を制御できる液晶層を設け、時間順次に透過光の波長を切り替えることによりカラー表示を行う方法 (Proc. Eurodisplay 7'84 (1984年)) も提案されている。これは、CR

液晶光シャッタを置き、発光素子が赤、緑、青の画像を形成するのに同期させてカラーフィルタ機能を有する液晶シャッタを赤、緑、青の順にスイッチする。これを時間順次に繰り返すことで、カラー表示を行うものである。

【0019】また、複屈折性を有する物質を、直交した偏光子の間に挿入すると、常光と異常光の位相差に応じた干渉色を示す現象はよく知られている。そこで、液晶の複屈折性を利用して、電界によって液晶セルの複屈折量を制御する電界制御複屈折 (ECB) 効果により、1画素で多色表示を行う方式 (Appl. Phys. Lett. 19巻391頁 (1971年), Electronics Lett. 7巻699頁 (1971年))

10

20

30

40

50

も提案されている。

【0020】その他、画素毎に吸収波長の異なる二色性色素を添加したゲスト・ホスト液晶を封入してカラー表示を行う方式（特開昭55-9515号公報および特開昭55-26584号公報）や、吸収波長の異なるゲスト・ホスト液晶を用いた液晶セルを積層することにより、減法混色によってカラー表示を行う方式（Proc.SID 22巻41ページ（1981年））も提案されている。さらには、コレステリック液晶の選択反射現象を利用して表示を行う方式も提案されている。

【0021】このコレステリック液晶がその螺旋ピッチに対応した波長の光を選択的に反射する現象は、文献（Appl.Opt.7巻9号1729ページ（1968年）、Phys.Rev.Lett.25巻9号577ページ（1970年））などでよく知られている。具体的には、右巻きのコレステリック液晶は、液晶の屈折率異方性を Δn 、ピッチを p 、反射中心波長を $\Delta\lambda$ とすれば、

$$\Delta\lambda = 2\Delta n \cdot p \quad (1)$$

の範囲にある入射光の右回りの円偏光成分のみを選択的に反射し、それ以外の波長の右回り円偏光成分や全ての波長の左回り円偏光成分は透過する。

【0022】このとき、反射中心波長 λ_m は

$$\lambda_m = na \cdot p \quad (2)$$

で表される。ただし、 na は液晶の平均屈折率である。

【0023】また、左巻きのコレステリック液晶については、前述した右巻きのコレステリック液晶の場合とは反対の作用をする。

【0024】即ち、図9に左巻きのコレステリック液晶の選択反射現象を模式的に示している。図9に示すように、左巻きのコレステリック液晶に右および左円偏光成分が入射する場合、所定波長範囲にある入射光の左回りの円偏光成分のみを選択的に反射し、それ以外の波長の左回り円偏光成分や全ての波長の右回り円偏光成分はコレステリック液晶層を透過する。

【0025】ここで、選択反射効果を有するものとしてコレステリック液晶がまず挙げられるが、通常のネマティック液晶にカイラル剤を添加したカイラルネマティック

コレステリック液晶と同等の選択反射効果を示す。また、コレステリック液晶は一般的に化学的雰囲気または紫外線に対して不安定で信頼性が低い。これに対し、カイラルネマティック液晶は耐光性に優れ、安定であり、ピッチの調節が比較的容易であり、反射波長幅の調節もしやすく材料選択の幅が広いため実用には一般にカイラルネマティック液晶が使用されている。そこで、以下では特に断わらない限り、カイラルネマティック液晶を用いて説明を行う。ただし、このカイラルネマティック液晶をコレステリック液晶やカイラルスメクティック液晶としても、以下の説明には特に異なることはない。

【0026】従来から、このカイラルネマティック液晶

の特異な光学特性を利用し、種々の光学素子が提案されている。

【0027】具体的には、右回りのカイラルネマティック液晶セルと左回りのカイラルネマティック液晶セルを積層した、または、2枚の右巻きまたは左巻きのカイラルネマティック液晶セルの間に1/2波長板を挿入した光学的ノッチフィルタ（J.Appl.Phys.42巻10号4096ページ（1971年））がある。

【0028】また、材料を選択することで、螺旋ピッチが温度に敏感なカイラルネマティック液晶が作製でき、これが温度計やアクセサリなどに用いられ、温度を変化させることでカラー表示を行う方式（特開昭55-45022号公報）についても提案されている。

【0029】さらに、このカイラルネマティック液晶を反射板として用い、液晶の動的散乱効果を用いたDSM方式や、相転移方式の液晶バルブと組み合わせて表示を行う方式（特開昭59-116680号公報および特開昭60-133426号公報）も提案されている。

【0030】同様に、このカイラルネマティック液晶と高分子分散型液晶表示方式の散乱効果を利用した光バルブを組み合わせて、投射型表示装置を実現したもの、文献（特開平4-188111号公報および特開平4-188112号公報）で報告されている。

【0031】さらに、コレステリック液晶ポリマーによる選択反射とTN表示方式を組み合わせ、さらに1/4波長板を組み合わせ表示を行う方式（特開平6-230362号公報）が提案されている。これは、TN液晶セルによる旋光性を利用したものであり、電圧無印加時と電圧印加時で偏光方向を90°回転させることで、1/4波長板に入射する偏光方向を切り替えて、左右円偏光をスイッチングすることにより表示を行うものである。この表示素子の構成を図10に示している。

【0032】図10において、上側基板1上に透明電極2さらに配向膜3が順次設けられて電極基板が構成され、また、下側基板4上に透明電極5さらに配向膜6が順次設けられて電極基板が構成されている。これら電極基板を配向膜3、6が対向するように配置し、その間に液

上側基板1の光入射側に偏光板8が設けられ、下側基板4側に1/4波長板9、コレステリック液晶ポリマーフィルム10さらに光吸収板11が設けられている。

【0033】この構成における1/4波長板9の作用について考察すると、液晶7のTN層を光の偏光方向をスイッチングする素子として用いており、このため、TN層に電界を印加しない場合（OFF）には、図12に示すように、1/4波長板9の光軸に対して-45°の直線偏光が1/4波長板9に入射し、この1/4波長板9を透過した後では、右円偏光となる。これに対して、TN層に十分な電界を印加した場合（ON）はこれとは逆の現象となる。即ち、1/4波長板9の光軸に対して±

45° (-45° または +45°) の方向に入射した直線偏光はその偏光方向によって右円偏光または左円偏光に変換される。このように、電圧無印加時と電圧印加時で偏光方向を90°回転させることで、1/4波長板9に入射する偏光方向をTN層で切り替えて、左右円偏光をスイッチングすることにより表示を行う。

【0034】次に、コレステリック液晶ポリマーによる選択反射とTN、ECB、STN、FLC、相転移型ゲスト・ホスト、高分子分散型ゲスト・ホストなどの表示方式とを組み合わせ、さらに1/4波長板を組み合わせて出射光を円偏光にし、その振幅強度を上記表示方式によって変調することで表示を行う方式(特開平6-230371号公報)も提案されている。この表示素子の構成をTN方式を用いた場合について図11に示している。

【0035】図11において、上側の透明基板21上に透明電極22さらに配向膜23が順次設けられて電極基板が構成され、また、下側の透明基板24上に透明電極25さらに配向膜26が順次設けられて電極基板が構成されている。これら電極基板を配向膜23、26が互いに対向するように配置し、その間に液晶27を挟持して液晶セルが構成される。この液晶セルの透明基板21の光入射側に偏光板28が設けられ、また、透明基板24の光出射側に偏光板29、接着層30、1/4波長板31、接着層32、コレステリック液晶ポリマー反射板33さらに光吸収板34が順次設けられている。

【0036】さらに、カイラルネマティック液晶素子をハーフミラーとして用い、CRTまたはLCDにより構成した画像と、外界の画像を合成し、ヘッドアップディスプレイを構成した文献(特開昭64-35478号公報)もある。

【0037】その他の例として、2枚の右巻きまたは左巻きのカイラルネマティック液晶セルの間にネマティック液晶セルを挿入したものを積層して3層構造とし、特定の波長域において透過光量を制御し、カイラルネマティック液晶の螺旋ピッチを変えたものを3種類用意して、合計9層の液晶層によってそれぞれ異なる波長域の

させる構成の液晶カラー光バルブ(IEEE Tran. Elect. Dev. ED-21巻171ページ(1974年))がある。これは、前述したネマティック液晶セルに電圧を印加することによって、そのリタデーションを変化させ、透過光量を変調するものである。

【0038】カイラルネマティック液晶層に直接電圧を印加することにより、カイラルネマティック液晶の螺旋ピッチを変化させて、色表示を行う方式(Mol. Cryst. 1巻325ページ(1966年)、Phys. rev. Lett. 24巻209ページ(1970年))も提案されている。これは、カイラルネマティック液晶の螺旋軸に平行かまたは垂直に電界を加え、螺旋ピッチを変化させることで選択反射波長を可変する方式

である。

【0039】また、ポリマーマトリクス中に分散したカイラルネマティック液晶の選択反射を利用し、電圧無印加時の散乱状態と、電圧印加時の選択反射状態とで表示を行うカラー表示方式(特開平3-209425号公報)も提案されている。

【0040】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記従来の液晶表示素子では、まず、カラー表示に適用した場合に、以下に示すような問題を有していることについて説明する。

【0041】即ち、画素毎にマイクロカラーフィルターを形成する方式では、例えば赤、緑、青などの3色のカラーフィルターを透過する光は1色のみであり、他の色の光は吸収されるため、前述のどの液晶表示方式と組み合わせても、原理的に光の利用効率が全光量の1/3以下になってしまい、光の利用効率という面で問題を有していた。

【0042】また、従来用いられている表示方式は、偏光子を用いるTN方式またはSTN方式が主であったため、外部光のさらに半分が吸収されて光の利用効率がさらに悪くなっていた。即ち、マイクロカラーフィルタとTN方式またはSTN方式を組み合わせた場合、原理的に最大でも外部光の1/6しか利用できないという問題を有していた。

【0043】さらに、TN方式においては大容量表示を行うために各画素毎に能動素子を形成する必要があり、これが光を遮るため、さらに光の利用効率が悪化するという問題があった。さらに、コントラストを向上させる目的で、表示画素以外の部分にはブラックマトリックスと呼ばれる遮光層が設けられ、これが光の利用効率をさらに悪化させている。

【0044】その上、能動素子を付加したTN方式の大容量表示装置においては、隣接する画素間の横方向電界のためにディスクリネーションが生じ、コントラストが低下するという問題が生じ、これを解決するために、遮光層によりディスクリネーション部分を覆い、コントラ

の利用効率を悪化させる要因となっていた。

【0045】以上のような種々の原因により、現在一般に用いられているTFTを使用した大容量表示のカラーディスプレイにおいては、典型的な外部光の利用効率は僅か1~5%にすぎない。

【0046】このため、上記従来のカラー表示方式を用いたディスプレイでは、明るい表示を得るためにバックライトなどの外部光源を必要としている。これは、見易い表示は得られる反面、液晶の消費電力以上にバックライトの消費電力が大きくなったり、液晶ディスプレイの厚さ以上にバックライトおよびその光学系部分の厚さが厚くなるという問題が生じるようになった。

【0047】これでは、薄型軽量、低消費電力という液晶ディスプレイが本来有する優れた特徴を十分発揮しているとはいえない。

【0048】また、ゲスト・ホスト方式を積層した従来のカラー表示方式では、上述した方式に比べて光の利用効率が良く、明るい表示が得られている。しかし、閾特性が急峻でないため、大容量表示を行うためには画素毎にTFTなどの能動素子を形成する必要があるが、これを多層化すると製造が困難になり、製造コストが高くなるという問題があった。そのため、積層したゲスト・ホスト方式は大容量表示には適用されていない。

【0049】さらに、画素毎に異なるカラー偏光子を用いる方式は、製造が困難であるため、いまだに実用化には到っていない。

【0050】さらに、白黒表示装置の前面に透過光の波長を制御できる液晶層を設け、時間順次に透過光の波長を切り替える方式は、高解像度のディスプレイが実現できるという特徴を有するが、時間順次の切り替えのため、赤、緑、青で表示を行った場合、明るさは、入射光の1/3になり、光の利用効率の面では問題があった。さらに、画像を形成するのが発光表示素子であるため、反射型は実現できないという問題も有していた。

【0051】さらに、電界制御複屈折効果を利用したカラー表示は、1画素で多色の表示が可能であるが、表示できる色の純度が良くなく、表示色が温度に敏感であり、また、見る方向によって色が変化するなどの問題を有していた。

【0052】カイラルネマティック液晶の温度を変化させてカラー表示を行う例は、制御性に優れず、応答速度が遅いため実用化には到っていない。

【0053】カイラルネマティック液晶層を反射板として用い、種々の液晶表示方式と1/4波長板を組み合わせる従来の構成においては、散乱型の液晶表示素子と組み合わせたものはコントラストが十分でなく、駆動電圧が高いなどの問題を有していた。また、TN、ECB、STN、FLCと組み合わせて光強度を変調した図11に示すような場合、偏光子を2枚用いる必要があり、表

・ホスト方式と組み合わせたものは、コントラストが十分でなく大容量には適さず、応答速度が遅いという問題を有していた。また、何れも1/4波長板を組み合わせる必要があり、1/4波長板が存在する分、表示が暗くなると共に、構成要素が増えることや、構造が複雑になり製造コストも高くなるという問題があった。

【0054】2枚のカイラルネマティック液晶セルの間にネマティック液晶セルを挿入し、これを積層してカラー表示を行う方式は、透過型で用いるためバックライトが必要であることや、9枚の液晶セルが必要となり、表示部が厚くなり、重量が増加するという問題を有していた。カイラルネマティック液晶層に直接電圧を印加する

方式では、選択反射波長の変化が小さいため多色表示が困難であり、駆動電圧が高く、強度変調ができないという問題を有していた。

【0055】ポリマーマトリクス中に分散したカイラルネマティック液晶の選択反射を利用した方式は、前述のポリマー中に液晶を分散し、散乱状態を用いた方式と同様の欠点を有している。即ち、コントラストが十分取れないことや、駆動電圧が高いことなどである。

【0056】このように、従来の表示方式では、液晶表示素子本来の薄型軽量、低消費電力という優れた特徴を十分発揮しているとはいえず、携帯用情報端末の表示装置としては不十分であり、明るく、視認性に優れ、カラー表示が可能な新しい情報表示端末用の表示方式が求められている。

【0057】本発明は、上記従来の問題を解決するもので、薄型軽量、低消費電力で、かつ光の利用効率が良く明るい液晶表示装置を提供することを目的とする。

【0058】

【課題を解決するための手段】本発明の液晶表示装置は、入射光を直線偏光に変換する偏光子と、特定波長域で特定偏光成分の光のみ選択的に反射する選択反射層と、該偏光子と選択反射層との間に設けられ、光学的な複屈折性を示す液晶層と、該偏光子からの直線偏光が入射される該液晶層の複屈折量を電場で制御することにより該液晶層からの出射光の偏光状態を変調して、該選択反射層からの反射光強度を変調させる変調制御手段とを備えたものであり、そのことにより上記目的が達成される。

【0059】また、本発明の液晶表示装置は、第1波長域の光のみ直線偏光に変換する第1カラー偏光子、該第1波長域で特定偏光成分の光のみ選択的に反射する第1選択反射層、および、該第1カラー偏光子と第1選択反射層との間に設けられ、該第1波長域の光において複屈折性を示す第1液晶層を有する第1素子部と、該第1波長域とは異なる第2波長域の光のみ直線偏光に変換する第2カラー偏光子、該第2波長域で特定偏光成分の光のみ選択的に反射する第2選択反射層、および、該第2カ

波長域の光において複屈折性を示す第2液晶層を有する第2素子部と、該第1波長域および第2波長域とは異なる第3波長域の光のみ直線偏光に変換する第3カラー偏光子、該第3波長域で特定偏光成分の光のみを選択的に反射する第3選択反射層、および、該第3カラー偏光子と第3選択反射層との間に設けられ、該第3波長域の光において複屈折性を示す第3液晶層を有する第3素子部と、直線偏光が入射される該第1、2、3液晶層の複屈折量を電場によってそれぞれ制御することにより該第1、2、3液晶層からの出射光の偏光状態をそれぞれ変調して、該第1、2、3選択反射層からの反射光強度をそれぞれ変調させる変調制御手段とを備えたものであ

11

り、そのことにより上記目的が達成される。

【0060】さらに、本発明の液晶表示装置は、該第1波長域、第2波長域および第3波長域の光を直線偏光に変換できる偏光子と、第1波長域で特定偏光成分の光を選択的に反射する第1選択反射層、第2波長域で特定偏光成分の光を選択的に反射する第2選択反射層、および、第3波長域で特定偏光成分の光を選択的に反射する第3選択反射層を有する選択反射層と、該偏光子と選択反射層との間に設けられ、該第1波長域、第2波長域および第3波長域の光において光学的に複屈折性を示す液晶層と、該偏光子からの直線偏光が入射される該液晶層の複屈折量を電場によって制御することにより該液晶層からの出射光の偏光状態を変調して、該選択反射層からの反射光強度をそれぞれ変調させる変調制御手段とを備えたものであり、そのことにより上記目的が達成される。

【0061】さらに、好ましくは、本発明の液晶表示装置における選択反射層として、コレステリック液晶またはカイラルネマティック液晶またはカイラルスメクティック液晶、フィルム化した上記液晶、マイクロカプセル化した上記液晶を用いる。

【0062】さらに、本発明の液晶表示装置は、第1波長域、第2波長域および第3波長域の光を直線偏光に変換する偏光子と、該第1波長域で特定偏光成分の光を選択的に反射する第1コレステリック液晶またはカイラルネマティック液晶またはカイラルスメクティック液晶、該第2波長域で特定偏光成分の光を選択的に反射する第2コレステリック液晶またはカイラルネマティック液晶またはカイラルスメクティック液晶、および、該第3波長域で特定偏光成分の光を選択的に反射する第3コレステリック液晶またはカイラルネマティック液晶またはカイラルスメクティック液晶をマイクロカプセル化して混合した選択反射層と、該偏光子と選択反射層との間に設けられ、該第1波長域、第2波長域および第3波長域の光において光学的に複屈折性を示す液晶層と、該偏光子からの直線偏光が入射される該液晶層の複屈折量を電場によって制御することにより該液晶層からの出射光の偏

れぞれ変調させる変調制御手段とを備えたものであり、そのことにより上記目的が達成される。

【0063】さらに、好ましくは、本発明の反射型液晶表示装置においては上記構成に加えて、裏面側に設けられ、選択反射層を透過した光を吸収する光吸収層を有する。

【0064】また、具体的には、請求項1に加える光吸収層は、選択反射層の裏面側に設けられ、選択反射層を透過した少なくとも特定波長域の光を吸収する。さらに、具体的には、請求項2に加える光吸収層は、第1、2、3素子部を透過した少なくとも第1波長域、第2波長域および第2波長域の光を吸収する。また、請求項3

12

に加える光吸収層は、選択反射層の裏面側に設けられ、該選択反射層を透過した少なくとも該第1波長域、第2波長域および第3波長域の光を吸収する。さらに、請求項5に加える光吸収層は、選択反射層の裏面側に設けられ、選択反射層を透過した少なくとも第1波長域、第2波長域および第3波長域の光を吸収する。

【0065】

【作用】本発明においては、選択反射効果を効率的に利用することにより、薄型軽量、低消費電力で、光の利用効率を向上させて明るい液晶表示装置を実現するものである。この選択反射を示す物質としてコレステリック液晶やカイラルネマティック液晶やカイラルスメクティック液晶、それらの液晶をフィルム化して分子配向を固定したものや、高分子液晶を選択反射を示すように分子配向制御してガラス化したものなどがあるが、ここでは、カイラルネマティック液晶を用いて、以下の説明を行う。

【0066】本発明は、偏光板と、複屈折性を有する液晶を封入した液晶セルと、特定の波長域、例えば可視光領域で特定偏光成分の光を選択反射する選択反射層とを積層した光変調素子であり、この液晶セルは、変調制御手段による電場の制御によってリタデーションRを変化させて液晶層からの出射光を任意の偏光状態とすることができる。

【0067】ところで、この任意の偏光状態にある出射光は、左右円偏光の合成で記述できる。即ち、直線偏光も含めて、あらゆる楕円偏光は左右偏光成分の合成で表される。

【0068】この任意の偏光状態にある出射光が入射される選択反射層としてのカイラルネマティック液晶は、入射偏光のうち、そのピッチに対応した円偏光成分の光のみ選択的に反射するため、入射偏光の楕円率と極性によって反射率が大きく異なることになる。

【0069】このように、カイラルネマティック液晶層に前述した液晶層を組み合わせることにより、カイラルネマティック液晶層に入射する偏光の楕円率を変化させ、反射光強度を制御することができる。つまり、例え

タデーションRを制御することにより、例えば右円偏光をカイラルネマティック液晶層に入射すれば反射光強度は最大となり、また、例えば左円偏光をカイラルネマティック液晶層に入射すれば反射光強度は最小となる。また、左右偏光の中間状態の任意の楕円偏光を入射した場合は、この入射光のうち、右円偏光成分のみ反射し、左円偏光成分は透過するため、入射光の楕円率に応じた強度の反射光が得られることになる。ここで、反射光強度が変化するのに対応し、透過光強度も変化することになる。

【0070】したがって、カイラルネマティック液晶セルと、複屈折を電場によって変化させることのできる液

晶セルとを組み合わせることにより、反射光強度および透過光強度を変調する光学素子が実現可能となる。

【0071】また、本発明はこの原理を適用したものであり、赤、緑および青の波長の光を選択的に反射するカイラルネマティック液晶セルと、複屈折量を電場によって変化できる液晶セルとを組み合わせることによって、カラー表示可能な液晶ディスプレイが実現可能となる。

【0072】一方、カイラルネマティック液晶の選択反射を用いた従来の方式では、TN、ECB、STN、FLCと組み合わせて光強度を変調し、1/4波長板により円偏光の振幅を変調していたため、偏光子を2枚用いる必要があり、表示が暗くなるという問題があり、また、偏光子を2枚用いない従来の方式のものでも、1/4波長板を使用しているため、1/4波長板が存在する分、表示が暗くなると共に、その構造および製造工程が複雑になり、製造コストも高くなるという問題があった。ところが、本発明者等は、液晶層に電界を印加していくと、光の旋光能も変化するが、同時に偏光状態も変化する直線偏光から円偏光まで全ての状態が実現できることを見いだした。

【0073】本発明の構成によれば、偏光子を1枚しか使用せず、また、1/4波長板を使用せず、複屈折を有する液晶層によって入射直線偏光を効率的に円偏光に変換できるため、外部光の半分が利用でき、明るいフルカラー表示が得られる。また、左円偏光、右円偏光を入射することですべて反射またはすべて透過を切り替えることができ、非常にコントラストの良い表示が得られる。さらに、選択反射層に入射する光の偏光状態を任意に変えられるため中間調の表示も可能である。さらには、1/4波長板を使用しない簡単な構成で安価に製造可能であるという特徴も有している。

【0074】

【実施例】以下、本発明の実施例について説明する。

【0075】(実施例1) 本実施例1は単色表示を行う場合の液晶表示装置である。

【0076】図1は本発明の実施例1における液晶表示素子の構成を示す断面図である。

板31、32、33を有しており、この透明基板31上には透明電極34さらに液晶分子の配向膜35が順次設けられており、また、透明基板32上には透明電極36さらに液晶分子の配向膜37が順次設けられている。これら配向膜35、37間には光学的な複屈折性を示す液*

$$\Delta n \cdot d > \lambda_m \cdot (3/4)$$

の関係が成立すれば良い。ただし、厚すぎると応答速度が遅くなるという問題が生じるため、通常 $1\mu\text{m} \sim 50\mu\text{m}$ が望ましく、さらに望ましくは $4\mu\text{m} \sim 10\mu\text{m}$ が良い。ここで、 λ_m はカイラルネマティック液晶層39による選択反射波長であり、上記した(2)式で表されている。

* 晶層38が設けられて液晶セルが構成されている。また、透明基板32、33間には、特定の波長域の光のみ選択的に反射する選択反射層としてのカイラルネマティック液晶層39が設けられてカイラルネマティック液晶セルが構成されている。さらに、透明基板31の入射側には、入射光を直線偏光に変換する偏光子40が設けられており、透明基板33の出射側には、特定波長域の光を吸収する光吸収層41が設けられている。さらに、これら透明電極34、36に接続される変調制御手段42は、偏光子40からの直線偏光が入射される液晶層38の複屈折量を、透明電極34、36に印加される表示電圧による外場である電界で制御することにより液晶層38からの出射光の偏光状態を変調して、カイラルネマティック液晶層39からの反射光強度を変調制御する。以上により、カイラルネマティック液晶セルと、複屈折量を外場によって変化させることのできる液晶セルおよび変調制御手段42とを組み合わせることにより、反射光強度および透過光強度を変調することができる光学素子としての反射型液晶表示装置43が構成される。

【0078】ここで、この反射型液晶表示装置43の製造方法について、その一例を説明する。

【0079】まず、透明基板31~33として、厚みが1.1mmのガラス基板(7059; コーニングガラスワークス社製)を使用し、このガラス基板上に、透明電極34、36としてITO膜をスパッタリング法によってそれぞれ形成する。これらITO膜上にそれぞれ配向膜35、37をそれぞれ形成する。これら配向膜35、37は、ポリイミド(RN-1024; 日産化学社製)をスピンコートにより均一に形成し、焼成後に上下の基板でラビング方向が反対になるようにラビング処理を施す。

【0080】その後、透明基板31、32の間隔を一定に保つために、 $8\mu\text{m}$ のファイバークラススペーサ(図示せず)を散布し、液晶封止層(図示せず)として $9\mu\text{m}$ のファイバークラススペーサを混入した接着性シール材をスクリーン印刷することにより形成し貼り合わせた。その後、2枚の基板間の真空脱気により液晶を注入

【0081】透明基板31、32間の間隔は、本実施例1の場合、 $8\mu\text{m}$ に設定したが、入射光が直線偏光の場合、リタデーション $R = \Delta n \cdot d$ が波長の3/4以上であれば、左右円偏光の間のすべての偏光状態が実現できるため、液晶の屈折率異方性 Δn と基板間隔 d の間に

$$(3)$$

※【0082】上記の手順で作製した液晶セルに、偏光子40を偏光軸がラビング方向と 45° の角度を成すようにして張り付ける。

【0083】次に、カイラルネマティック液晶セルにおいても透明電極を形成しないことを除けば、上述と同様の手順により作製する。このとき、カイラルネマティッ

ク液晶層39の間隔は、上記の場合と同様にして8 μ mに設定したが、選択反射を示す厚さであれば、特に規制されるものではないが、望ましくは1 μ m以上100 μ m以下、さらに望ましくは4 μ m以上10 μ m以下であればよい。

【0084】また、本実施例1では、カイラルネマティック液晶セルにおいても配向膜（図示せず）を形成してラビングを施し、ラビング方向が上下の基板で逆方向になるようにしてカイラルネマティック液晶セルを組み立てたが、ラビング方向はどのような方向でもよく、また、ラビングを施さない状態でもよい。その場合は、配向膜を形成する必要がなく作成手順が簡略化できる。

【0085】また、ラビング方向が反平行の場合はセル厚がカイラルネマティック液晶のピッチのほぼ整数倍になるように、カイラルネマティック液晶層39の厚さを調節することが望ましい。即ち、各ピッチに対応して、つまり、カイラルネマティック液晶の選択反射波長に対応してセル厚を変えることが望ましい。これは、カイラルネマティック液晶の自発ピッチに合わせてセル厚を調節することで、良好な液晶分子の配向状態が得られるためである。カイラルネマティック液晶は以下のようにして調整する。

【0086】液晶材料（ZLI-5087；メルク社製）に、カイラル材（S-811；メルク社製）を適量混合し、可視光域に選択反射波長域が重なるように調整する。その一例として、カイラル剤を18重量%混合し、セル厚8 μ mで作製した時の反射スペクトルを図2に示す。この場合の選択反射中心波長は570nm、反射波長幅は40nmであり、反射光は緑色を呈していた。選択反射波長幅は、上記（1）式に示したように、用いる液晶の屈折率異方性の大きさに依存し、液晶を任意に選択することで可変できる。その一例として、液晶材料（BL001；BDH社製）に、カイラル剤（CB15；メルク社製）を39重量%混合したときの反射波長幅は80nmであった。

【0087】また、光吸収層41としてカーボン微粒子をバインダーに添加したものを印刷法によって透明基板

色素かまたは顔料系色素を、吸収波長域が少なくとも選択反射波長域を含むように調整し、これをバインダーに添加したものを印刷によって透明基板33上に形成してもよい。

【0088】その他に、黒色紙などの光吸収性のシートを接着剤によって透明基板33の裏面上に張り付けてもよい。

【0089】さらに、透明基板33および光吸収層41に代えて光吸収性を有する基板、例えば、ポリカーボネイト、ポリエチレンテレフタレート、ポリエーテルスルホン、アクリル系とエポキシ系の重合体、架橋性のアクリルなどの高分子にカーボンや黒色の顔料系または有機

系の色素を添加したものをを用いてもよい。このようにした場合には、光吸収層41が基板をも兼ねているため、製造が簡略化されるという優れた特徴も有することになる。以上により本実施例1の反射型液晶表示装置43が製造される。

【0090】上記構成により、以下、その作用を説明する。

【0091】まず、上記偏光子40によって、入射光は直線偏光に変換される。このように、直線偏光に変換された入射光は、液晶層38の複屈折効果によって常光と異常光に位相差が生じることになり、任意の楕円率を有する楕円偏光に変換される。このとき、液晶層38を透過する常光と異常光の光学的位相差 δ は、波長 λ 、リタデーションRとして、

$$\delta = 2\pi / \lambda \cdot R \quad (4)$$

の関係に従って変化する。

【0092】一般に、偏光子40を介して得られる直線偏光を複屈折性媒質である液晶層38に入射した場合、出射光はその媒質の光学的位相差により種々の楕円偏光となる。例えば、複屈折性媒質の光軸に対して45度で入射した直線偏光は、光学的な位相差が $\pi/2$ ラジアンの場合、出射光は円偏光となり、光学的な位相差が π ラジアンの場合は入射直線偏光に対して方位が90度回転した直線偏光として出射されることになる。即ち、この液晶セルのリタデーションRを外場によって変化させることで、出射する入射直線偏光を任意の楕円偏光に変換することができる。

【0093】この位相差 δ によって偏光状態がどのように変化するかを模式的に図3に示している。

【0094】この液晶層38で任意の楕円率を有する楕円偏光に変換された入射光は、カイラルネマティック液晶層39に入射され、その螺旋ピッチに対応した波長の光に関して、その楕円率と極性に対応した光強度で反射される。例えば、カイラルネマティック液晶が例えば右巻きの場合には右円偏光は全て反射され、左円偏光の場合には全て透過されることになる。その両偏光の中間の状態の偏光は一部が反射され、それ以外は透過されるこ

ク液晶層39の後方に設置している光吸収層41によって吸収されて反射しない。

【0095】このように、実施例1の液晶表示素子において、カイラルネマティック液晶層39に入射する偏光の楕円率の制御を、液晶層4の複屈折量を外場によって制御することで行うことにより、カイラルネマティック液晶層39からの反射光強度を制御することができる。つまり、カイラルネマティック液晶層39への入射光の楕円率に応じた強度の反射光が得られることになる。

【0096】上記液晶層38は、本実施例1では、入射光の偏光状態を変調する液晶素子として、基板に対して液晶分子を平行配向させたECB方式を採用したが、複

屈折量を外場によって制御できるものであれば、どのような方式のものを用いてもよく、例えば、基板に対して液晶分子が垂直に配向したECB方式や、液晶のねじれた分子配向を利用したTN方式またはSTN方式なども使用でき、さらに、FLCの複屈折を利用した方式なども使用できるため、設計の自由度が増すという特徴を有している。

【0097】また、例えば、カイラルネマティック液晶が例えば左巻きの場合、上記カイラルネマティック液晶セルに右回り円偏光、または、左回り円偏光、その中間の偏光状態である直線偏光を入射したときの反射光強度の波長依存性の測定結果を図4に示している。図4に示すように、入射光の位相を変化させることにより反射光強度が可変でき、左円偏光は全て反射され、右円偏光の場合には全て透過され、さらに、その中間の偏光状態である直線偏光の場合には一部が反射されるためそれぞれ反射率が異なり、階調表示が行えることが解る。本実施例1の場合、反射光による表示は黒と緑の表示になる。

【0098】また、本実施例1の反射型液晶表示素子に光吸収層41を形成しない場合には、透過型の液晶表示素子が実現でき、その場合は、白とマゼンタの表示が実現できる。このようにして作成した本実施例1の液晶表示素子に、右回り円偏光、左回り円偏光および、その中間の偏光状態である直線偏光を入射したときの透過光強度の波長依存性の測定結果を図5に示している。図5に示すように、入射光の位相を変化させることにより透過光強度が可変でき、階調表示が行えることが解る。

【0099】以上により、本実施例1の構成によれば、複屈折性を有する液晶層38によって入射直線偏光を効率的に円偏光に変換できるため、外部光の半分が利用でき、明るい表示が得られる。また、左円偏光、右円偏光を入射することで、すべて反射またはすべて透過に切り替えることができ、コントラストの良い表示が得られる。さらに、偏光状態を任意に変化できるため、中間調の表示も可能である。さらに、本実施例1は、偏光子を1枚しか使用しないため、安価に作成できるという優れた特徴を有する。

行う場合の液晶表示装置である。

【0101】図6は本発明の実施例2における液晶表示素子の構成を示す断面図である。

【0102】図6において、透明基板51、52、53が所定間隔で設けられ、透明基板51上に透明電極54さらに配向膜55が設けられて電極基板が構成され、また、透明基板52上に透明電極56さらに配向膜57が設けられて電極基板が構成されている。これら配向膜55、57が対向するように電極基板を配置し、その間に、赤色波長域の光において複屈折性を示す液晶層58が設けられて液晶セルが構成されている。また、透明基板52、53の間には、赤色波長域で特定偏光成分の光

のみ選択的に反射する赤色選択反射層としてのカイラルネマティック液晶層59が設けられてカイラルネマティック液晶セルが構成されている。さらに、透明基板51の入射側には、赤色光の波長域の光を直線偏光に変換する偏光子60が設けられている。さらに、これら透明電極54、56に接続される変調制御手段62は、偏光子60からの直線偏光が入射される液晶層58の複屈折量を、透明電極54、56に印加される表示電圧による外場である電界で制御することにより液晶層58からの出射光の偏光状態を変調して、カイラルネマティック液晶層59からの反射光強度を変調制御する。これにより赤色液晶装置63が構成される。

【0103】この赤色液晶装置63と同様にして、緑色液晶装置63aおよび青色液晶装置63bが順次設けられ、この青色液晶装置63bの裏面側に光吸収層61が設けられている。

【0104】本実施例2では、上記実施例1と同様の手法により、選択反射波長がそれぞれ赤、緑、青になるようにピッチを調節したカイラルネマティック液晶層59、59a、59bを3種類用意し、それぞれで選択反射層を構成する。赤色の選択反射層59には赤色光のみを直線偏光に変換するカラー偏光子60を用いる。また、緑、青の選択反射層にもそれぞれ同様に、その選択反射波長域の光のみ直線偏光に変換するカラー偏光子60a、60bを用いる。これら各色の素子を3つ積層し、さらに光吸収層61を設けることによってフルカラー表示が可能な本実施例2の反射型液晶表示装置64を実現することができる。このとき、各色のカラー偏光子60、60a、60bは、理想的にはカイラルネマティック液晶層59、59a、59bの各色の選択反射波長域の光のみ直線偏光に変換し、その他の波長域の光はなにも影響を受けずに透過するように選択されるのが望ましい。

【0105】この液晶表示素子の製造方法において、各色の構成素子は、実施例1と同様の手法によって作製することができる。ただし、各色のカラー偏光子60、60a、60bとしては、シアンに偏光子(CC2B-1

-MO1-18SL;サンリッツ社製)、イエローに偏光子(KCC2Y-18SL;サンリッツ社製)を用いた。

【0106】上記構成により、以下、その作用を説明する。

【0107】まず、入射光はシアンのカラー偏光子60で赤色光のみ直線偏光に変換され、それ以外の光は何等影響を受けることなく透過する。シアンのカラー偏光子60によって直線偏光に変換された赤色光は、液晶層58の複屈折効果により常光と異常光に位相差が生じ、複屈折量に応じた楕円偏光に変換されてカイラルネマティック液晶層59に入射する。このカイラルネマティック

液晶層59に入射した楕円偏光はその楕円率に応じた光強度で反射され、それ以外の光は透過する。

【0108】透過した光のうち、緑色はマゼンタのカラー偏光子60aで直線偏光に変換され、それ以外の光はなんら影響を受けることなく透過する。このマゼンタのカラー偏光子60aによって直線偏光に変換された緑色光は、液晶層58aの複屈折効果により常光と異常光に位相差が生じ、複屈折量に応じた楕円偏光に変換されてカイラルネマティック液晶59aに入射する。カイラルネマティック液晶層59aに入射した楕円偏光はその楕円率に応じた光強度で反射され、それ以外の光は透過する。

【0109】さらに、透過した光のうち、青色光はイエローのカラー偏光子60bで直線偏光に変換され、それ以外の光は何等影響を受けることなく透過する。このイエローのカラー偏光子60bによって直線偏光に変換された青色光は、液晶層58bの複屈折効果により常光と異常光に位相差が生じ、複屈折量に応じた楕円偏光に変換されてカイラルネマティック液晶層59bに入射する。カイラルネマティック液晶層59bに入射した楕円偏光はその楕円率に応じた光強度で反射され、それ以外の光は透過する。

【0110】このようにしてすべての層を透過した光は最後に光吸収層61で全て吸収される。

【0111】即ち、特定波長域の特定偏光成分で選択反射を示すカイラルネマティック液晶層59、59a、59bと、各色の選択反射波長に対応した波長域の光のみ直線偏光に変換するカラー偏光子60、60a、60bと、複屈折量を制御できる液晶層58、58a、58bにより構成した素子を積層することで、各層でそれぞれ赤、緑、青の反射光または透過光をそれぞれ独立に制御できるため、反射光に関して加法混色により、透過光に関しては減法混色によりフルカラー表示を実現することができる。

【0112】以上のように、選択反射波長の異なる液晶表示素子を3層積層してフルカラーの反射型液晶表示装置64を作製した本実施例2の場合は、理想的に入射光

れる。

【0113】なお、本実施例2では赤、緑、青の順に各色の素子を設けたが、赤、緑、青の各色の素子はそれぞれ独立に制御できるため、積層の順序は特に本実施例2の順序に限ることなく、任意の順序で積層しても同等の効果が得られるのは明らかである。

【0114】(実施例3) 本実施例3は、カラー表示を行う場合の液晶表示装置であり、実施例2の構成を簡略化したものである。

【0115】図7は本発明の実施例3における液晶表示素子の構成を示す断面図である。

【0116】図7において、本実施例3の液晶表示素子

は、入射側に、赤、緑および青の各色の波長域の光を直線偏光に変換できる偏光子70を設け、透明基板71、72上にそれぞれ透明電極74、76、さらに液晶分子の配向膜75、77がそれぞれ形成されており、これら配向膜75、77間に、偏光子70を介して入射した直線偏光の偏光状態を変換するための、赤、緑および青の各色の波長域の光において光学的な複屈折性を示す液晶層78が設けられて液晶セルが構成されている。

【0117】また、選択反射層は、透明基板72、73により挟持された赤色を選択反射するカイラルネマティック液晶層79と、透明基板73、73aにより挟持された緑色を選択反射するカイラルネマティック液晶層79aと、透明基板73a、73bにより挟持された青色を選択反射するカイラルネマティック液晶層79bとにより構成される。さらに、透明基板73bの裏面側に光吸収層81が設けられている。

【0118】さらに、変調制御手段82は透明電極74、76に偏光子からの直線偏光が入射される液晶層の複屈折量を、透明電極74、76に印加される表示電圧による外場である電界によって制御することにより、液晶層78からの出射光の偏光状態を変調して、選択反射層からの反射光強度をそれぞれ変調させる。以上により反射型液晶表示装置83が構成される。

【0119】この反射型液晶表示装置83の製造方法において、各構成素子は、実施例1と同様の手法によって作製することができる。

【0120】なお、本実施例3では選択反射層としてカイラルネマティック液晶層79、79a、79bを選択反射波長が赤、緑、青の順に積層したが、各層が独立であるので、積層の順序を変えても光学的には同等の効果をj得ることができるのは明らかである。

【0121】上記構成により、以下、その作用を説明する。

【0122】まず、入射光は偏光子70によって直線偏光に変換され、液晶層78に入射される。液晶層78に入射された直線偏光は、液晶の複屈折効果により常光と異常光に位相差が生じ、複屈折量に応じた楕円偏光に変

じる位相差はそれぞれ異なるため、各々異なる楕円率の楕円偏光に変換されることになる。つまり、カイラルネマティック液晶層で選択反射される光強度が波長毎に異なることになる。そこで、液晶層の複屈折量を電界によって変調することで、反射光のスペクトルが可変でき、マルチカラー表示を行うことができる。

【0123】本実施例3で作成した液晶表示素子は、前述したように液晶の屈折率異方性を変えることで反射波長幅を可変できるため、ECB効果の常光と異常光の干渉色による従来の表示方式に比べて、表示される色の純度が良いという優れた特徴を有する。

【0124】また、本実施例3により作成した液晶表示

21

素子は、上記実施例2に比べてもより簡単な構成で安価にマルチカラー表示が行えるという優れた特徴を有する。

【0125】(実施例4)本実施例4は、カラー表示を行う場合の液晶表示素子であり、実施例3の構成をさらに簡略化したものである。

【0126】図8は本発明の実施例4における液晶表示素子の構成を示す断面図である。

【0127】図8において、本実施例4の液晶表示素子は、入射側に、赤、緑、青の各色波長域の光を直線偏光に変換するニュートラル偏光子90を設け、出射側の選択反射層裏面側に設けられ、この選択反射層を透過した赤、緑、青の各色波長域の光を吸収する光吸収層を兼ねた支持基板92を設けている。この透明基板91上には透明電極94さらに液晶分子の配向膜95が形成されており、また、支持基板92上には赤、緑および青の各色の選択反射波長域で特定偏光成分の光を選択的に反射する選択反射層としてのカイラルネマティック液晶層99、透明電極96さらに液晶分子の配向膜97が形成されている。これら配向膜95、97は所定の間隔に調整され、その間に、赤、緑、青の各色波長域の光において光学的な複屈折性を示す液晶層98が設けられて液晶セルが構成される。

【0128】このカイラルネマティック液晶層99は、赤、緑および青の異なる波長域に選択反射波長域を有するカイラルネマティック液晶を封入した液晶マイクロカプセル99a、99b、99cにより構成されている。

【0129】また、変調制御手段92aは透明電極94、96に接続され、偏光子91からの直線偏光が入射される液晶層98の複屈折量を、透明電極94、96に印加する表示電圧による外場である電界によって制御することにより、液晶層98からの出射光の偏光状態を変調して、選択反射層からの反射光強度をそれぞれ変調させる。以上により反射型液晶表示装置93が構成される。

【0130】この反射型液晶表示装置93の製造方法においては、各構成素子は、実施例1と同様の手順によ

【0131】上記構成により、以下、その作用を説明する。

【0132】まず、入射光は偏光子90によって直線偏光に変換され、液晶層98に入射される。この液晶層98に入射された直線偏光は、液晶の複屈折効果により常光と異常光に位相差が生じ、複屈折量に応じた楕円偏光に変換される。このとき、赤、緑および青の各波長の光が受ける位相差はそれぞれ異なるため、各々異なる楕円率の楕円偏光に変換されることになる。つまり、カイラルネマティック液晶層99で選択反射される光強度が波長毎に異なることになる。そこで、液晶層98の複屈折量を電界によって変調することで、反射光のスペクトル

22

が可変でき、マルチカラー表示を行うことができる。

【0133】本実施例4によって作成した液晶表示素子は、実施例3で述べた優れた特徴に加え、さらに簡単な構成で製造工程もより簡略化されて、安価にマルチカラー表示が行えるという優れた特徴を有する。

【0134】上記実施例1〜3では、カイラルネマティック液晶セルを選択反射層に用いたが、フィルム化することにより、さらに簡単な構造の液晶セルが実現できる。

【0135】例えば、液晶性のポリエステルを硝子基板上で配向制御した後に、熱処理を行い硬化させることで、液晶状態における液晶分子の配向が凍結できることが文献(特開平6-186534号公報)で知られている。そこで、この高分子液晶でコレステリックフィルムを作成し、選択反射波長域が可視光領域になるようにピッチを調節したものをカイラルネマティック液晶層99の代わりに使用でき、同等の効果が得られる。

【0136】また、カイラルネマティック液晶をマイクロカプセル化できることが文献(例えば日本学術振興会第142委員会偏液晶デバイスハンドブック第9章9.5、および特開平5-66391号公報)で知られている。

【0137】この液晶マイクロカプセルの作製法の一例として、以下の方法が挙げられる。即ち、まず、液晶とアラビアゴム溶液を常温以上で乳化混合し、これに等濃度のゼラチン溶液を添加する。次に、蒸留水を付加してpH(水素イオン濃度)を調整すると、ゼラチンとアラビアゴムが反応して濃厚な液状ポリマーを生成する。そこで、温度を低下させるとコアセルベーションが始まり、液晶微粒子の周囲にゼラチン・アラビアゴム皮膜が癒着してカプセル膜を形成する。さらに、アルデヒドなどの硬化剤を添加してカプセル膜を熟成させる。

【0138】これにバインダを添加してインキ化したものを透明基板3上に印刷することで選択反射層が形成できる。

【0139】前記手法により作成したマイクロカプセル化したカイラルネマティック液晶を選択反射層として

【0140】何れの実施例1〜4でも、複屈折量を外場によって制御できる液晶表示方式として平行配向したECB方式の液晶セルを採用したが、同様の効果を有する液晶表示方式として傾斜垂直配向したECB方式やSTN方式を用いても同様の効果が得られ、単純マトリクス駆動による大容量表示が可能になるという優れた効果の発揮する。

【0141】また、複屈折性を示し、複屈折量を外場によって制御できるものであれば液晶に限らず、例えばPLZTやニオブ酸リチウムなどの光学結晶に透明電極を形成し、電圧を印加して複屈折量を可変することで同様の効果が得られる。さらにこの場合は、高速で動作させ

ることが可能となり、また、メモリ性も有するという優れた特徴をも発揮する。

【0142】

【発明の効果】以上のように請求項1の液晶表示装置によれば、液晶の複屈折性を利用して偏光状態を電場で変化させることにより表示を行うため、種々の方式の表示モードが使用でき、設計の自由度が増すだけでなく、選択反射層としての例えばカイラルネマティック層に入射する偏光状態を制御することで反射光強度を変調することができるため、1/4波長板を必要とせず、また、偏光子を1枚しか必要とせず、明るい表示が得られる。また、単純マトリクス駆動により大容量表示が行え、低コストで素子を作製できる。さらに、このカイラルネマティック液晶の選択反射を利用することで、従来は着色層と反射層を別に作成する必要があったが、1層で着色層と反射層を兼ねることができる。

【0143】また、請求項2の液晶表示素子によれば、3層積層したそれぞれの層においてカラー偏光子を用いているため、反射光強度を独立に制御でき、フルカラー表示が可能となる。また、理想的には外部光の50%が利用できるため明るい反射型フルカラー液晶表示素子可以实现できる。

【0144】さらに、請求項3の液晶表示素子によれば、より簡単な構成で多色表示が可能となる。また、前述したように液晶の屈折率異方性を変えることで反射波長幅を可変できるため、ECB効果の常光と異常光の干渉色による表示に比べて表示される色の純度が良い。

【0145】さらに、請求項4の液晶表示素子によれば、選択反射層が、コレステリック液晶またはカイラルネマティック液晶の場合、材料の選択範囲が広くなり、選択反射波長の温度依存性の少ない材料を選択することができる。反射波長域を調節できるなどの優れた特徴を有する。また、選択反射層が、フィルム化したコレステリック液晶またはマイクロカプセル化したコレステリック液晶を用いた場合、上記した優れた特徴に加えて、2枚の透明基板に挟まれた例えばカイラルネマティック液晶層を、フィルムまたはマイクロカプセル化したカイラ

坐軽量化が可能となり、素子構成が簡単であるために製造工程も簡略化され、より低コストで素子を作製できる。

【0146】さらに、請求項5の液晶表示素子によれば、さらに簡単な構成で多色表示が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例1における液晶表示素子の構成を示す断面図である。

【図2】図1の液晶表示素子における選択反射の波長依存性を示す図である。

【図3】位相差 δ によって偏光状態がどのように変化するかを模式的に示した図である。

【図4】入射偏光の位相を変化させたときの選択反射光強度の波長依存性を示す図である。

【図5】入射偏光の位相を変化させたときの透過光強度の波長依存性を示す図である。

【図6】本発明の実施例2における液晶表示素子の構成を示す断面図である。

【図7】本発明の実施例3における液晶表示素子の構成を示す断面図である。

【図8】本発明の実施例4における液晶表示素子の構成を示す断面図である。

【図9】カイラルネマティック液晶の選択反射効果を模式的に示した図である。

【図10】従来の液晶表示素子の構成例を示す断面図である。

【図11】従来の液晶表示素子の他の構成例を示す断面図である。

【図12】図10の液晶表示素子における1/4波長板9の光軸と直線偏光の方向との関係を示す図である。

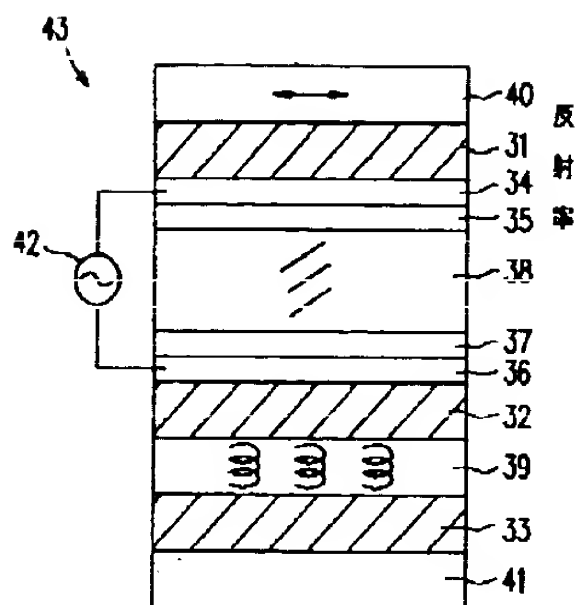
【符号の説明】

31, 32, 33, 51, 52, 53, 51a, 52a, 53a, 51b, 52b, 53b, 71, 72, 73, 73a, 73b, 91 透明基板
34, 36, 54, 56, 54a, 56a, 54b, 56b, 74, 76, 94, 96 透明電極
35, 37, 55, 57, 55a, 57a, 55b, 57b, 75, 77, 95, 97 配向膜
38, 58, 58a, 58b, 78, 98 液晶層
39, 59, 59a, 59b, 79, 79a, 79b, 99 カイラルネマティック液晶層
40, 60, 60a, 60b, 70, 90 偏光子
41, 61, 81 光吸収層

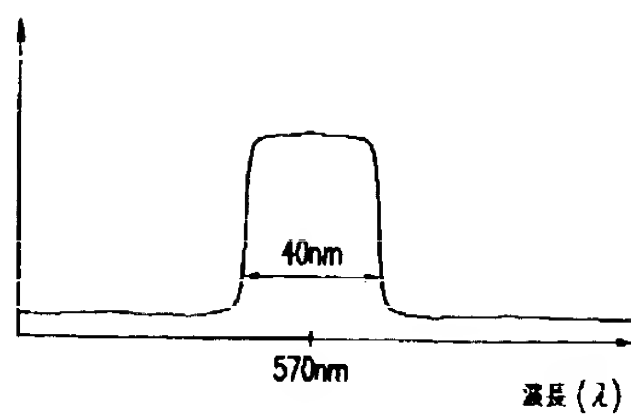
御手段

43, 64, 83, 93 反射型液晶表示装置
63, 63a, 63b 液晶表示素子
92 支持基板
99a, 99b, 99c マイクロカプセル

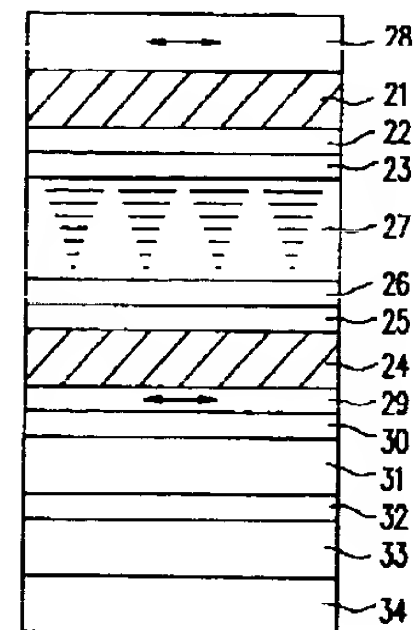
【図1】



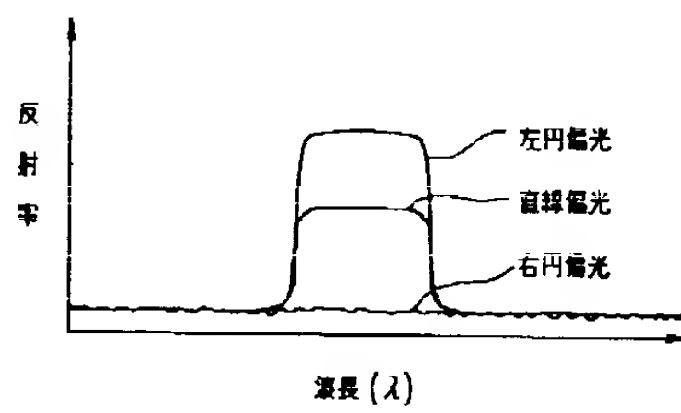
【図2】



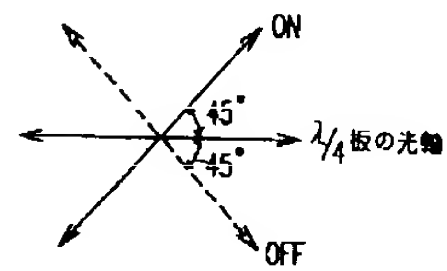
【図11】



【図4】

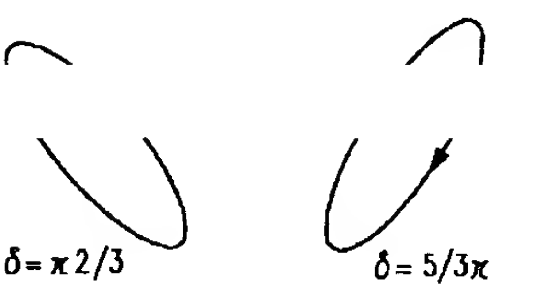
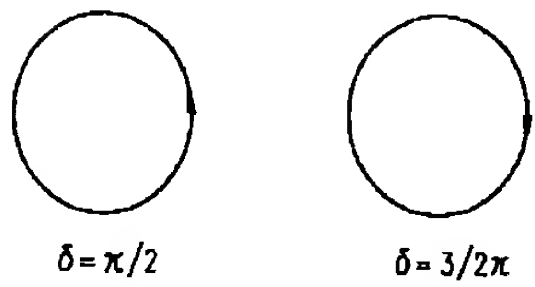
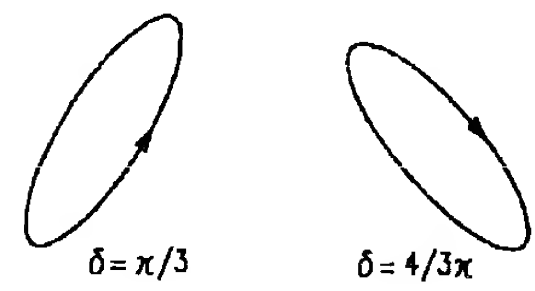
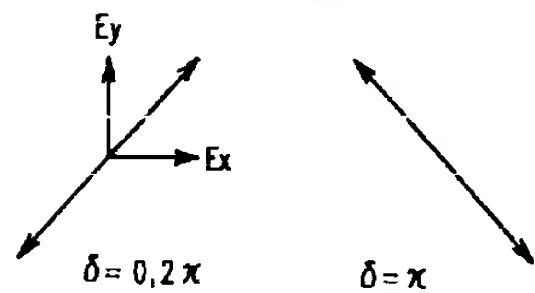


【図12】

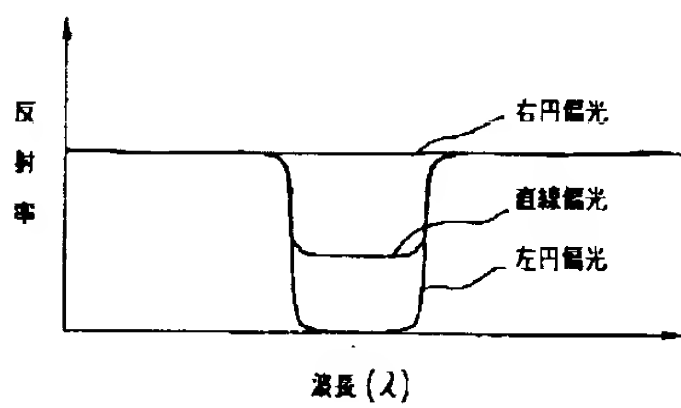


【図3】

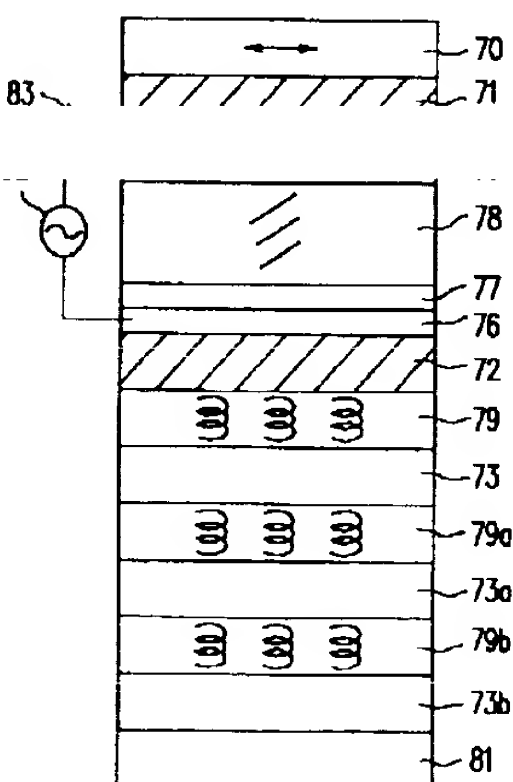
位相差と偏光状態



【図5】



【図7】



【図8】

